

УДК 582.524.34+574.2

ПЕРВИЧНАЯ СУКЦЕССИЯ НА ТЕХНОГЕННОМ ПЕСЧАНОМ СУБСТРАТЕ (НА ПРИМЕРЕ КАРЬЕРА ПО ДОБЫЧЕ ПЕСКА)

Н.С. ШПИЛЕВСКАЯ

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины,
г. Гомель, Республика Беларусь

Введение. Изучению сукцессий растительности посвящено значительное количество разнообразных исследований. Актуальным направлением является изучение сукцессий в техногенных ландшафтах [1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 17]. Сукцессии на искусственных субстратах относятся к первичным и могут рассматриваться как аналоги природных [10, 11, 12, 14]. В тоже время, значительные особенности характерны для сукцессий на токсичных техногенных субстратах, например, фосфогипсе [1]. Ряд исследований показывает, что изучение сукцессии растительности важно для разработки эффективных методов восстановления нарушенных ландшафтов [14, 19]. Указывается, что в настоящее время еще мало изучены механизмы сукцессий и их изменения по сукцессионному градиенту; влияние на сукцессионные процессы ландшафтного окружения; влияние особенностей предшествующего землепользования на скорость восстановительных смен [2, 3, 4, 5]. Недостаточно исследованы сукцессионные эффекты вторжения агрессивных инвазионных видов и ряд других вопросов [7, 8, 15].

Целью наших исследований являлось изучение особенностей первичной сукцессии на искусственном песчаном субстрате в условиях юго-востока Беларуси. Решались следующие задачи:

- сравнить результаты геоботанических съемок (2004-2016 гг.);
- рассмотреть ход сукцессии на песчаных экотопах;
- выполнить синтаксономический анализ растительности разных лет;
- проанализировать участие чужеродных видов в течение всей наблюдаемой сукцессии.

Методика и объекты исследований. Исследования проводились на карьере строительных песков «Осовцы», расположенном в пределах надпойменной террасы реки Сож, на юго-западе города Гомеля, вблизи деревни Осовцы. Мощность разрабатываемого слоя – до 12 м. Мощность вскрыши – 1-2 м. Карьер разрабатывался в 1980-2000 гг. В 2003-2006 гг. рекультивирован в водоем рекреационного назначения. Склоны выположены. На части склонов (до 25%) высажена культура сосны. Гумусовый слой на склонах не насыпался. Площадь карьера составляет 0,83 км². Из них 46,7% приходится на два водоема, 34,9% занято рудеральными сообществами, 10,6% – луговыми сообществами, 7,8% – кустарниками [5, 6].

Пробные площадки (10x10 м) для наблюдений за сукцессионными процессами располагались в верхней половине склона. Геоботаническая съемка проводилась в 2004, 2005, 2006, 2014, 2015 и 2016 гг. Проективное покрытие определяли по 5-балльной шкале: (+) – менее 1%; 1 – менее 5%; 2 – 6-15%; 3 – 16-25%; 4 – 26-50%; 5 – более 50%. Геоботанические описания сводили в фитоценологические таблицы и для каждого вида устанавливали класс постоянства: I – менее 20%; II – 21-40%; III – 41-60%; IV – 61-80%; V – 81-100%. При обработке материалов и классификации сообществ использовался эколого-флористический метод Браун-Бланке [13, 18]. Названия растений даются по сводке С.К. Черепанова [15].

Результаты и их обсуждение. Исследований сукцессии на песчаных экотопах, размещенных на склонах карьера «Осовцы», показало, что в 1 год пионерная стадия была представлена редкими группировками растений-терофитов. Общее проективное покрытие не превышало 5%. Наиболее часто встречались *Chenopodium album* L., *Setaria pumila* (Poir.) Schult., *Plantago arenaria* Waldst. & Kit., *Corispermum marschallii* Steven, *Fallopia convolvulus* (L.) A. Love, *Conyza canadensis* (L.) Cronqist. Видовое разнообразие крайне низкое (5,8 видов на 100 м²).

На 2-й год популяции видов-пионеров разрослись. Увеличилось постоянство и покрытие *Plantago arenaria* Waldst. & Kit., *Corispermum marschallii* Steven, *Conyza canadensis* (L.) Cronqist, *Salsola kali* L. Появились новые виды - *Amaranthus retroflexus* L., *Sisymbrium altissimum* L., *Xanthium albinum* (Widder) H. Scholz, *Artemisia vulgaris* L., *Oenothera biennis* L., *Medicago lupulina* L. и т.д. Проективное покрытие увеличилось до 26%. Возросло видовое богатство – до 10 видов на 100 м² (т.е. в 1,7 раза по сравнению с 1 годом).

На 3-й год большинство видов-терофитов исчезает (*Chenopodium album* L., *Setaria pumila* (Poir.) Schult., *Raphanus raphanistrum* L., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Love и т.д.), а часть – значительно

снижает постоянство и покрытие (*Plantago arenaria* Waldst. & Kit., *Sisymbrium altissimum* L., *Tripleurospermum perforatum* (Merat) M. Lainz). Доминирование переходит к видам-гемитерофитам (*Melilotus albus* Medikus, *Echium vulgare* L., *Oenothera biennis* L.) и гемикриптофитам (*Artemisia campestris* L., *Artemisia vulgaris* L., *Artemisia absinthium* L.). Проективное покрытие возрастает до 47%, а видовое богатство – до 12,2 вида на 100 м².

Из данных, приведенных в таблице 1, видны закономерные изменения в доминирующих жизненных формах – от терофитов к гемикриптофитам. Так, доля терофитов уменьшилась с 93,3 до 14,9-17,1%, гемикриптофитов, наоборот, увеличилась с 0 до 42,9-51,0%.

Таблица 1 – Изменение спектра жизненных форм в ходе сукцессии на склонах карьера Осовцы, % от общего числа видов

Жизненная форма по Раункиеру	Год от начала сукцессии				
	1-й	2-й	3-й	10-й	12-й
Терофиты	93,3	69,7	28,1	14,9	17,1
Гемитерофиты	6,7	15,2	21,9	12,8	14,3
Геофиты	0	9,1	15,6	8,5	8,6
Гемикриптофиты	0	6,1	34,4	51,0	42,9
Фанерофиты	0	0	0	12,8	17,1

Был выполнен синтаксономический анализ растительности. Фитосоциологический спектр и его изменения в ходе сукцессии показаны в таблице 2.

Подавляющее большинство видов первых лет сукцессии относится к 5 классам растений: Chenopodietea Br.-Bl. 1952 em. Lohm. J. et R.Tx. 1961 ex Matusz. 1962, Artemisietea vulgaris Lohmeyer et al. in Tx. 1950, Agropyretea repentis Oberd., Th.Muller et Gors in Oberd. et al. 1967, Sedo-Scleranthetia Br.-Bl. 1955, Molinio-Arrhenatheretea R.Tx. 1937 em. R.Tx. 1970.

Первый и второй год характеризуется доминированием первого из названных классов за счет сообщества однолетников, представляющих начальные стадии восстановительных сукцессий после нарушений и сорнополевые сообщества пропашных культур.

Таблица 2 – Изменение фитосоциологического спектра в ходе сукцессии на склонах карьера Осовцы (в % от общего числа видов)

Класс растительности по эколого-флористической классификации Браун-Бланке	Год от начала сукцессии				
	1-й	2-й	3-й	10-й	12-й
Chenopodietea Br.-Bl. 1952 em. Lohm. J. et R.Tx. 1961 ex Matusz. 1962	93,3	57,8	21,9	8,5	5,7
Artemisietea vulgaris Lohmeyer et al. in Tx. 1950 и Agropyretea repentis Oberd., Th.Muller et Gors in Oberd. et al. 1967	6,7	27,3	46,9	27,7	31,4
Sedo-Scleranthetia Br.-Bl. 1955	0	6,1	9,4	19,1	20,0
Molinio-Arrhenatheretea R.Tx. 1937 em. R.Tx. 1970	0	3,0	15,6	23,4	14,3

Отмечено наличие видов, относящихся к двум порядкам Polygono-Chenopodietalia (R. Tx. et Lohm. in R.Tx. 1950) J.Tx. in Lohm. et al. 1962 и Sisymbrietalia J. Tx. ex Matusz. 1962 em. Gors 1966. Порядок Polygono-Chenopodietalia – рудеральные сообщества пропашных культур, залежей и навозных куч (*Amaranthus retroflexus* L., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Love, *Setaria pumila* (Poir.) Schult., *Echinochloa crusgalli* (L.) P. Beauv., *Raphanus raphanistrum* L.). Порядок Sisymbrietalia – сообщества с преобладанием зимующих однолетников, приуроченные к ксеротермным местообитаниям (*Conyza canadensis* (L.) Cronqist, *Tripleurospermum perforatum* (Merat) M. Lainz, *Sisymbrium altissimum* L.). Были диагностированы две ассоциации союза Salsolion ruthenicae Philippi 1971 (рудеральные сообщества экстремальных местообитаний (индустриальные пустыри, песчаные насыпи): ассоциация Corispermum-Plantaginetum indicae и Salsolium ruthenicae Philippi 1971. Диагности-

ческие виды этих ассоциаций (*Salsola kali* L., *Corispermum marschallii* Steven, *Plantago arenaria* Waldst. & Kit.) широко распространены на 2 года сукцессии.

Виды луговых классов растительности (Molinio-Arrhenatheretea и Sedo-Scleranthetea) встречались в небольшом количестве.

На 3-й год доминирование перешло к видам класса Artemisietea vulgaris Lohmeyer et al. in Tx. 1950 (рудеральные сообщества высокорослых двулетних и многолетних видов), преимущественно представленных видами порядка Onopordetalia acanthii Br.-Bl. et Tx. 1943 em Gors 1966 – сообщества ксерофитов и мезоксерофитов (диагностические виды это порядка – *Artemisia absinthium* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Echium vulgare* L., *Melilotus albus* Medikus, *Oenothera biennis* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Daucus carota* L.). Были диагностированы две ассоциации союза Dausco-Melilotetum albi Gors 1966 em Elias 1980: ассоциация Echio-Melilotetum albae Tx. 1942, Echio-Melilotetum Tx. 1947 (54% всех описаний) и ассоциация Melilotetum albi-officinalis Siss. 1950 (46% всех описаний).

Доля видов луговых классов по сравнению с 2 годом возросла: Molinio-Arrhenatheretea – в 5,2 раза; Sedo-Scleranthetea (в 1,5 раза). Наибольшее распространение среди них имели *Medicago lupulina* L., *Achillea millefolium* L., *Trifolium arvense* L., *Artemisia campestris* L.

Таким образом, изменения синтаксономической структуры выражаются в смене ассоциаций союза Salsolion ruthenicae (1-2 года) ассоциациями союза Dausco-Melilotetum (3 год).

В сообществах 2014-2016 г. ряд видов продолжают доминировать в растительном покрове – *Oenothera biennis* L., *Artemisia campestris* L., *Trifolium arvense* L., *Medicago lupulina* L., *Echium vulgare* L. Появилось новых 23 вида (49% от всего числа видов). По сравнению с предшествующей растительностью увеличилось видовое богатство в 1,3 раза (с 12,2 до 16,4 видов на 100 м²). Увеличилось общее проективное покрытие в 1,9 раза (достигло 90%). В спектре жизненных форм преобладают гемикриптофиты (51,0%), появились фанерофиты (12,8%). Уменьшилась доля терофитов (в 2 раза по сравнению с 3 годом) и гемитерофитов (в 1,7 раза).

Синантропные виды составляют 55% от общего числа видов. Существенный вклад имеют виды Artemisietea vulgaris и Agropyretea repens (в сумме 27,7%). Встречаются виды класса Chenopodietea (8,5%). С другой стороны, значительно возрос вклад луговых видов, представленных двумя классами Molinio-Arrhenatheretea (23,4%) и Sedo-Scleranthetea (19,1%). Несколько луговых видов содоминируют рудеральным – *Artemisia campestris* L., *Trifolium arvense* L., *Medicago lupulina* L., *Achillea millefolium* L., *Vicia cracca* L. Синтаксономически сообщества, возникшие через 10-12 лет после начала сукцессии, находятся между рудеральным классом Artemisietea vulgaris и луговым классом Molinio-Arrhenatheretea.

Обращает внимание существенное участие чужеродных видов в течение всей наблюдаемой сукцессии (таблица 3). На 1-ом году доля чужеродных видов составила 33,3%, на 2-ом году – 30,3%, на 3-ем году – 18,8%, на 10-ом году – 23,8%, на 12-й год – 22,9%. Причем, значительную роль играют неофиты – *Amaranthus retroflexus* L. (2 год), *Conyza canadensis* (L.) Cronqist (1–3 год), *Oenothera biennis* L. (2-10 год), *Solidago canadensis* L. (10-12 годы), *Stenactis annua* (L.) Cass. (10 год).

В течение всего времени (2004–2016 г.) на отвалах присутствует *Conyza canadensis* (L.) Cronqist., причем все это время он имеет постоянство II–III класса. Начиная со 2-го года появляется *Oenothera biennis* L., который является доминантом сообществ в 2006-2014 гг.

Conyza canadensis (L.) Cronqist. – однолетнее травянистое растение, высотой 15-200 см. Природный ареал – Канада и США. В XVII веке завезено в Европу, затем – в Азию, Австралию и Африку. Считается инвазивным видом по всей Европе [15, 16].

Oenothera biennis L. – двулетнее растение семейства Кипрейные, родом из Северной Америки. Был завезён в Европу в XVII веке, а затем распространился далее на восток. Сейчас в диком виде произрастает по всей территории Беларуси. Предпочитает слегка увлажнённые местообитания. Его можно встретить на песчаных наносах по берегам рек, в поймах, растёт по обочинам дорог, насыпям, на сорных местах [15, 16].

Ряд чужеродных видов встречается эпизодически с небольшим обилием: *Anisantha tectorum* (L.) Nevski, *Lupinus luteus* L., *Xanthium albinum* (Widder) H. Scholz.

Основной тенденцией в 2014-2016 гг. было разрастание на отвалах *Solidago canadensis* L.

Solidago canadensis L. – многолетнее растение, высотой 70-210 см. Плодовитость – более 10 тысяч семян. Анемохор. Природный ареал – Северная Америка. Интродуцирован в Европу в XVII веке. В Беларуси появился как декоративное растение в 1950-е гг. Является видом-трансформером и способен преобразовывать природные экосистемы (к трансформерам относят инвазионные ви-

ды, которые изменяют характер, состояние, облик и сущность экосистем на значительной площади [7, 8, 16].

Видно, что уже к 2014 г. встречаемость *Solidago canadensis* на склонах карьера значительно возросла. Проективное покрытие возросло в 10,6 раза, встречаемость – в 4 раза. К 2016 г. проективное покрытие *Solidago canadensis* возросло в 14,3 раза, а встречаемость – в 4,5 раза по сравнению с 2014 г.

Предполагается, что сообщества с доминированием некоторых чужеродных видов (в том числе *Solidago canadensis*) могут существовать весьма продолжительное время, нарушая ход восстановительных сукцессий и создавая угрозу биологическому разнообразию [7, 8].

В 2014-2016 гг. наблюдается также рост встречаемости подраста чужеродных видов деревьев и кустарников – *Robinia pseudoacacia* L., *Acer negundo* L., *Hippophae rhamnoides* L. Растительный покров верхней части отвалов через 12 лет после начала сукцессии представляет собой мозаику из травостоя золотарника канадского и зарослей чужеродных древесно-кустарниковых видов.

Таблица 3 – Чужеродные виды в ходе сукцессии на склонах карьера Осовцы

Вид	Год от начала сукцессии				
	1-й	2-й	3-й	10-й	12-й
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	-	II	-	-	-
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronqist	II	III	III	II	III
<i>Oenothera biennis</i> L.	-	III	V ¹⁻⁴	V ¹⁻⁵	IV
<i>Solidago canadensis</i> L.	-	-	I	III	IV
<i>Stenactis annua</i> (L.) Cass.	-	-	-	II	I
<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	-	-	-	III	III
<i>Anisantha tectorum</i> (L.) Nevski	-	-	-	I	-
<i>Lupinus luteus</i> L.	-	I	-	-	-
<i>Xanthium albinum</i> (Widder) H. Scholz	-	I	-	-	-
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	-	-	-	I	I
<i>Acer negundo</i> L.	-	-	-	I	I

Выводы. Сукцессия на отвалах карьера «Осовцы» протекает медленнее, чем восстановительные сукцессии, наблюдаемые на постоянных пробных площадках в аллювиальном террасированном и моренно-зандровом ландшафтах (широкий диапазон по степени антропогенной нарушенности). Основной причиной этого, вероятно, являются экстремальные условия экотопа. Влажность экотопа, определенная по фитоиндикационным шкалам, в течение рассматриваемого периода не изменяется, оставаясь низкой, что, вероятно, является основным лимитирующим фактором. Еще одна особенность сукцессии в карьере – активное участие чужеродных видов, доминирующих в сообществах на разных стадиях (*Conyza canadensis* (L.) Cronqist, *Oenothera biennis* L., *Solidago canadensis* L.). Причем, наблюдаемая сейчас инвазия золотарника канадского, вероятно, может привести к задержке первичной сукцессии на неопределенно длительное время.

Исследования выполнены при финансовой поддержке БРФФИ в рамках научного проекта №Б16Р-198.

Литература

1. Гусев, А.П. Первичная сукцессия на отвалах фосфогипса (Гомельский химический завод, Белоруссия) / А.П. Гусев // Экология. – 2006. – №3. – С. 232-235.
2. Гусев, А.П. Особенности начальных стадий восстановительной сукцессии в антропогенном ландшафте (на примере юго-востока Белоруссии) / А.П. Гусев // Экология. – 2009. – №3. – С. 174-179.
3. Гусев, А.П. Особенности сукцессий растительности в ландшафтах, нарушенных деятельностью человека (на примере юго-востока Белоруссии) / А.П. Гусев // Сибирский экологический журнал. – 2012. – №2. – С. 231-236.
4. Гусев, А.П. История землепользования как фактор современного состояния растительного покрова (на примере юго-востока Белоруссии) / А.П. Гусев // Сибирский экологический журнал. – 2014. – №2. – С. 225-230.

5. Гусев, А.П. Особенности сукцессии растительности на склонах карьера строительных песков (месторождение песков «Осовцы», Гомель) / А.П. Гусев, Н.С. Шпилевская, Д.В. Веселкин // Вестник Витебского государственного университета. – 2014. – №6. – С. 21-26.
6. Гусев, А.П. Начальные стадии сукцессии на песчаных техноэкотопах в широколиственно-лесном и южнотаежном ландшафтах / А.П. Гусев, Д.В. Веселкин // Вестник Витебского государственного университета. – 2015. – №5. – С. 41-46.
7. Гусев, А.П. Воздействие инвазии золотарника канадского (*Solidago canadensis* L.) на восстановительную сукцессию на залежах (юго-восток Беларуси) / А.П. Гусев // Российский журнал биологических инвазий. – 2015. – №1. – С. 10-16.
8. Гусев, А.П. Чужеродные виды-трансформеры как причина блокировки восстановительных процессов (на примере юго-востока Беларуси) / А.П. Гусев // Российский журнал прикладной экологии. – 2016. – №3. – С. 10-14.
9. Коронатова, Н.Г. Сукцессия фитоценозов при зарастании выработанных карьеров в подзоне северной тайги Западной Сибири / Н.Г. Коронатова, Е.В. Миляева // Сибирский экологический журнал. – 2011. – №5. – С. 697-705.
10. Лиханова, И.А. Восстановление растительности на карьерах строительных материалов окрестностей г. Сыктывкар при проведении лесной рекультивации / И.А. Лиханова, Г.В. Железнова // Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – Т. 14, №1(6). – С. 1485-1488.
11. Манаков, Ю.А. Флоры техногенных экотопов Кузбасса / Ю.А. Манаков // Вестник ОГУ. – 2009. – №9 (103). – С. 104-109.
12. Манаков, Ю.А. Анализ пионерной стадии сингенеза на отвалах песчаниковых пород / Ю.А. Манаков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – №5 (67). – С. 49-55.
13. Миркин, Б.М. Современная наука о растительности: Учебник / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова, А.И. Соломещ. – М.: Логос, 2002. – 264 с.
14. Миронова, С.И. Техногенные сукцессионные системы растительности Якутии: (на примере Западной и Южной Якутии) // С.И. Миронова. – Новосибирск: Наука, 2000. – 151 с.
15. Черепанов, С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С.К. Черепанов. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.
16. Черная книга флоры Средней России (Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России) / Ю.К. Виноградова, С.Р. Майоров, Л.В. Хорун. М.: ГЕОС, 2009. 494 с.
17. Чибрик, Т.С. Формирование фитоценозов на нарушенных промышленностью землях: биологическая рекультивация / Т.С. Чибрик, Ю.А. Елькин. – Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. – 220 с.
18. Braun-Blanquet, J. Pflanzensociologie / J. Braun-Blanquet. – Wien-New York: Springer-Verlag, 1964. – 865 S.
19. Řehounkova, K. Spontaneous vegetation succession in disused gravel-sand pits: Role of local site and landscape factors / K. Řehounkova, K. Prach // Journal of Vegetation Science. – 2006. – Vol. 17. – P. 583–590.

PRIMARY SUCCESSION ON THE TECHNOGENIC SANDY SUBSTRATE (ON THE EXAMPLE OF A CAREER FOR SAND PRODUCTION)

N.S. SHPILEUSKAYA

Summary

Purpose of researches was studying primary succession on an artificial sandy substrate. Taxonomic analysis of plants has been performed; invasion of invasive species of plants into restorative succession in the technogenic landscape has been studied.

Key words: invasive plant species, regenerative succession, sandy substratum, technogenic landscape

Статья поступила 12 апреля 2017г.